

KAJIAN AWAL VARIABILITI IONOSPHERA DI PARIT RAJA,
DATU PAHAT PADA BULAN SEPTEMBER
2004

SABIRIN BIN ABDULLAH

KOLEJ UNIVERSITI TEKNOLOGI TUN HUSSEIN ONN

PERPUSTAKAAN KUSITIRO



3 0000 00102522 4

KOLEJ UNIVERSITI TEKNOLOGI TUN HUSSEIN ONN

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS*

JUDUL: KAJIAN AWAL VARIABILITI IONOSFERA DI PARIT RAJA, BATU PAHAT PADA BULAN SEPTEMBER 2004

SESI PENGAJIAN: 2004/2005

Saya SABIRIN ABDULLAH (771030-12-6073)
(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (~~Sarjana Muda~~/Sarjana/~~Doktor Falsafah~~)* ini disimpan di Perpustakaan dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn.
2. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (✓)

☐

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

☐

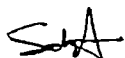
TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

☒

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh:



(TANDATANGAN PENULIS)



(TANDATANGAN PENYELIA)

Alamat Tetap:

PETI SURAT 199,
89850 SIPITANG,
SABAH

PROF. IR. DR. HJ. AHMAD FAIZAL MOHD ZAIN
(Nama Penyelia)

Tarikh: 3 NOVEMBER 2004

Tarikh: : 3 NOVEMBER 2004

CATATAN:

*

Potong yang tidak berkenaan.

**

Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT atau TERHAD.

♦

Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah doktor Falsafah dan Sarjana secara Penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (PSM).

“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan
saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan
penganugerahan Ijazah Sarjana
KEJURUTERAAN ELEKTRIK”

Tandatangan

: 

Nama Penyelia

: PROF. IR. DR. HJ. AHMAD FAIZAL
MOHD. ZAIN

Tarikh

: 3 NOVEMBER 2004

KAJIAN AWAL VARIABILITI IONOSFERA DI PARIT RAJA, BATU PAHAT
PADA BULAN SEPTEMBER 2004


SABIRIN BIN ABDULLAH

Tesis ini di kemukakan
sebagai memenuhi sebahagian syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Kejuruteraan Elektrik

Fakulti Kejuruteraan Elektrik Dan Elektronik
Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn

OKTOBER 2004

“Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan : 
Nama Penulis : SABIRIN BIN ABDULLAH
Tarikh : 3 NOVEMBER 2004

DEDIKASI

*Untuk Ayah, Ibu Dan Adik-Adik
Yang Sentiasa Memberi Dorongan Dan Harapan Untuk Berjaya*

*Juga Tidak Lupa Untuk Rakan-Rakan Seperjuangan
Terima Kasih Atas Segalanya*

PENGHARGAAN

Dengan Nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi maha Penyayang serta selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad S.A.W. Alhamdulillah, dipanjatkan kesyukuran kerana dengan limpah kurniaNya, dapat saya menyiapkan projek Sarjana Kejuruteraan Elektrik ini.

Di sini, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia Projek Sarjana saya, Prof. Ir. Dr. Hj. Ahmad Faizal Mohd. Zain yang telah banyak membantu memberikan tunjuk ajar serta bimbingan sepanjang menyiapkan Projek Sarjana ini. Tidak lupa juga kepada ahli-ahli panel kerana sudi memberi komen yang membina dan pensyarah-pensyarah di Fakulti Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik yang telah banyak membantu dalam menyumbangkan idea dan panduan dalam menjalankan kajian.

ABSTRAK

Kajian ionosfera di Malaysia ini adalah untuk bulan September 2004 dengan menggunakan sistem penderum ionosfera (ionosonde). Matlamat utama dalam kajian ini adalah bagi menentukan parameter yang digunakan untuk mencari perubahan lapisan ionosfera di Malaysia. Pemerhatian dan analisa menggunakan data yang diperolehi melalui pengumpulan dan penyimpanan dari sistem penderum digital. Keputusan yang diperolehi adalah melalui maklumat gelombang normal frekuensi kritikal pada susun lapis lapisan-F, f_oF_2 , ketinggian maya yang diberikan oleh frekuensi kritikal f_oF_2 , $h'F_2$ dan juga gelombang normal frekuensi kritikal pada lapisan terendah yang tebal dilapisan-E. Pengumpulan data dalam masa 24 jam, dari 1 September hingga 30 September dilakukan bagi mendapatkan nilai frekuensi *median*, *lower decile* dan *upper decile*. Perubahan nilai frekuensi ini dilihat mengikut masa dan juga keadaan aktiviti matahari pada waktu siang. Frekuensi kritikal yang diperolehi adalah tinggi ketika aktiviti matahari meningkat pada waktu siang iaitu antara 6.8 hingga 12 MHz dan penurunan nilai frekuensi kritikal ini juga akan menurun ketika waktu lewat petang dan malam iaitu 7 MHz. ketinggian maya bagi nilai frekuensi ini adalah antara 200 hingga 480 km. Bagi lapisan-E, nilai frekuensi adalah dari 2.2 hingga 9.1 MHz.

ABSTRACT

The ionosphere study is carried out in Malaysia for September 2004 using ionosphere sounder. The main purpose of the study is to determine the parameters used to search the variability of the ionospheric region in Malaysia. Observations and analysis using gathered data from the collecting and storing data in the sounder system. The result base on the ordinary wave critical frequency for stratification in the F region, foF2, the virtual height for ordinary wave critical frequency or foF2, and the ordinary wave critical frequency from the lowest thick layer of E region. The 24 hours data from 1 September to 30 September have been done to search the median, lower decile and upper decile frequency. The changes of the frequency is dependent on the solar activity in the morning. The highest critical frequency is 6.8 to 12 MHz and decreasing value due to late evening and night time at 7 MHz. The virtual height for this frequency are 200 to 480 km. The E-region frequency is from 2.2 to 9.1 MHz.

ISI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SUARAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRACT	v
	ABSTRAK	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SINGKATAN	xiii
	SENARAI APENDIKS	xiv

BAB 1 : PENDAHULUAN

1.1	Pendahuluan	1
1.2	Sejarah Penemuan Ionosfera	3
1.3	Penyataan Masalah	7
1.4	Motivasi Projek	8

BAB II : TEORI IONOSFERA

2.1	Pendahuluan	10
2.2	Pembentukan Ionosfera	11
2.3	Lapisan Ionosfera	13
2.3.1	Lapisan-D	13
2.3.2	Lapisan-E	13
2.3.3	Lapisan-F	14
2.3.4	Lapisan Atas	14
2.4	Ionosfera dan Anomali Khahtulistiwa	15
2.5	Kesan Pembolehubah Terhadap Ionosfera	16
2.5.1	Kesan Matahari Terhadap Ionosfera	16
2.5.2	Keadaan Ionosfera Siang dan Malam	19
2.5.3	Nombor Spot Matahari (SunSpot Number)	19
2.5.4	Fluks Solar (Solar Flux)	20
2.5.5	Indeks-A (A-Indeks) dan Indeks-K (K-Index)	21
2.6	Magnetosfera	24
2.7	Elektrojet Aurora	25
2.8	Gelombang Akuastik Ion	26
2.9	Kehilangan	27
2.9.1	Laluan Pelbagai	27
2.9.2	Gangguan Ionosfera Secara Tiba-tiba	27
2.9.3	Penghampiran Kepada LUF Dan MUF	28
2.10	Penyerakkan	29
2.10.1	Penyerakkan Sisi dan Penyerakkan Belakang	29
2.10.2	Laluan Meteor	29
2.10.3	Aurora	30
2.10.4	Ribut Ionosfera dan Geomagnet	30

BAB III: PENGGUNAAN DIGISONDE SEBAGAI ALAT DIAGNOSA IONOSFERA

3.1	Pendahuluan	32
3.2	Rekabentuk <i>CADI</i>	33
3.3	Model <i>CADI</i>	36
3.4	Peralatan <i>CADI</i> Di <i>WARAS</i>	37
3.5	Pemasangan Kad pada Komputer	41
3.6	Pemilihan Suis Bagi Kad Penerima	44
3.7	Perisian Dalam <i>CADI</i>	46
3.7.1	<i>CADITEST</i>	46
3.7.2	<i>CADIRUN</i>	46
3.7.3	<i>CADIRUN.EXE</i>	48

BAB IV: ANALISA DAN KEPUTUSAN

4.1	Pendahuluan	55
4.2	Perisian <i>IDL (Interactive Data Language)</i>	56
4.3	Memulakan <i>IDL</i>	56
4.4	Menggunakan <i>IDL widget CADI</i>	58
4.5	Paparan Data <i>IDL</i>	59
4.6	Analisa Dan Pemerhatian Terhadap Ionogram	60
4.7	Memplot Data Untuk Satu Bulan	66

BAB V: KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1	Kesimpulan	80
5.2	Cadangan	81

SENARAI JADUAL

Nombor Jadual	Tajuk	Muka Surat
3.1	Susunan suis bagi penerima. 1 = suis buka dan 0 = suis tutup.	45
4.1	Data pada jam 11:00 waktu tempatan dalam satu bulan	67
4.2	Data telah disusun secara menaik	67

SENARAI RAJAH

Nombor Rajah	Tajuk	Muka surat
1.1	Arah pancaran isyarat tidak dapat diterima jika pancaran isyarat adalah dalam keadaan lurus. Dan penerima tidak boleh menerima isyarat sepenuhnya jika ketinggian adalah rendah.	4
1.2	Lapisan konduktif pada altitude tinggi akan menyebabkan pantulan isyarat radio dan ekmbali dan sampai ke bumi semula.	5
2.1	Pembentukan ionosfera dari electron bebas di kawasan lapisan	12
2.2	Lapisan ionosfera pada masa siang dan malam.	15
2.3	R# bersamaan dengan purata nombor bintik matahari. Kitar bintik matahari adalah rendah	23
2.4	Magnetosfera	24
2.5	Perbezaan arah pergerakan plasma dan arus dalam aurora elektrojet ketika masa senyap.	25
2.6	Laluan elektron melalui ion	26
3.1	Blok diagram keseluruhan CADI	35
3.2	Pusat WARAS di Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn	38

Nombor Rajah	Tajuk	Muka surat
3.3	Susun atur perkakasan CADI	38
3.4	<i>CADI</i> terdiri daipada komputer, paparan, dan pemancar <i>CADI</i>	39
3.5	Bentuk antena pemancar adalah terdiri daripada antena delta iaitu berbentuk seitiga	40
3.6	Bentuk antena penerima. Antena penerima terdiri daripada 4 antena dipole	41
3.7	Kad Sintesis Digital Terus (<i>Direct Digital Synthesis</i>)	42
3.8	Kad penerima	42
3.9	Pemasangan kad pemancar dan kad penerima pada komputer	43
3.10	Penyambungan kabel antena penerima dan CADI ke Komputer. Penggunaan 2 penerima sahaja	43
3.11	Penyambungan kabel antena pemancar dan komputer ke <i>CADI</i>	44
3.12	Suis yang terdapat pada kad penerima	44
3.13	Perisian LOCATION.INI	49
3.14	Perisian CADISCHD.ULE	50
3.15	Perisian IGRAM400.DEF	51
3.16	Perisian CADI.BAT	53
4.1	Paparan IDL	57
4.2	Paparan ionogram oleh perisian IDL widget	60
4.3	Susunan data selama satu jam	61
4.4	Bentuk pantulan dari ionosfera adalah jelas pada waktu siang. Data pada 1 September 2004 jam 11:00 waktu tempatan	62
4.5	Paparan ionogram pada waktu malam. Pantulan dari ionosfera tidak kelihatan. Data pada 1 September 2004 jam 21:00 waktu tempatan	62

Nombor Rajah	Tajuk	Muka surat
4.6	Pantulan berlaku dua kali. Data pada 9 September 2004 jam 10:00 waktu tempatan	64
4.7	Lapisan-E yang tebal muncul kadang-kadang. Data pada 5 September 2004 jam 13:00 waktu tempatan	64
4.8	Lapisan-E bersama dengan lapisan yang lain. Data pada 17 September 2004 jam 04:00 waktu tempatan	65
4.9	Dua bentuk gelombang yang terpisah pada lapisan ionosfera	65
4.10	Plot foF2 untuk bulan September 2004	67
4.11	Plot h'F untuk bulan September 2004	68
4.12	Nombor Bintik Matahari pada bulan September 2004	69
4.13	Indeks-A pada bulan September 2004	70
4.14	Indeks-K (00-03) pada bulan September 2004	71
4.15	Indeks-K (03-06) pada bulan September 2004	72
4.16	Indeks-K (06-09) pada bulan September 2004	73
4.17	Indeks-K (09-12) pada bulan September 2004	74
4.18	Indeks-K (12-15) pada bulan September 2004	75
4.19	Indeks-K (15-18) pada bulan September 2004	76
4.20	Indeks-K (18-21) pada bulan September 2004	77
4.21	Indeks-K (21-24) pada bulan September 2004	78

SENARAI SINGKATAN

AM	Amplitude Modulation
CADI	Canadian Advanced Digital Ionosonde
CME	Corona Mass Ejection
DDS	Direct Digital Synthesis
foF2	Ordinary Wave Critical Frequency
fxF2	Extraordinary Wave Critical Frequency
GPS	Global Positioning System
HF	High Frequency
IDL	Intercative Data Language
KUiTTHO	Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn
LUF	Lowest Useable Frequency
MUF	Maximum Useable Frequency
TLDM	Tentera Laut DiRaja Malaysia
VHF	Very High Frequency
WARAS	Wireless and Radio Science Center
WWV	National Bureau of Standard (Fort Collin, Colorado)
WWVH	National Bureau of Standard (Kekaha, Hawaii)

SENARAI APENDIKS

Tajuk	Muka surat
A. Data f_oF_2 untuk satu bulan September	87
B. Data $h'F$ untuk bulan September	95
C. Data f_oE untuk bulan September	103

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Walaupun kajian ionosfera telah bermula pada awal abad ke-20, tetapi kajian di Malaysia masih diperingkat awal. Kebanyakan kajian ionosfera dijalankan berkisar pada kajian Jumlah kandungan Elektron, TEC, [Zain, et al]. Dalam kajian pertama yang dilakukan di Malaysia bertajuk *Initial Results of Total Electron Content Measurement Over Arau, Malaysia*, oleh Zain, A.F.M dan Abdullah, M. 1999 membentangkan pengumpulan data Jumlah Kandungan Elektron di Malaysia di Arau, Malaysia menunjukkan kajian terhadap ionosfera ini telah mula dijalankan oleh penyelidik di UKM (Universiti Kebangsaan Malaysia). Ini disebabkan peralatan untuk tujuan ini mudah diperolehi. Penggunaan GPS (*Global Position System*) atau Sistem Setempat Global dalam kajian ionosfera telah digunakan bagi memudahkan pengumpulan maklumat jumlah kandungan elektron merujuk kertas kerja bertajuk *Enabling GPS Technology on Malaysian Ionosphere Monitoring During Geomagnetic Storm*, oleh Ahmad Faizal Mohd. Zain, Ho Yih Hwa, dan Mardina Abdullah, 2000 [Zain, 2002]. Kajian di Malaysia telah dipelopori oleh UKM, sejak awal lagi. Kertas kerja bertajuk *Equatorial TEC Variations During The Geomagnetic Storm of July 15-17, 2000*, oleh Yih Hwa Ho, Ahmad Faizal Mohd. Zain, Mardina Abdullah, Abdul Ghaffar Ramli, Wan Salwa Wan Hassan, 2000 dan *Studies on*

Equatorial Total Electron Content Near Solar Maximum Activity from 1998-2000, oleh Wan Salwa Wan Hassan, Ahmad Faizal Mohd. Zain, Abdul Ghaffar Ramli, Ho Yih Hwa, Mardina Abdullah, 2000 menunjukkan kajian di UKM ini giat memberikan sumbangan dalam kajian tentang ionosfera. Pada masa ini, kelengkapan yang baru di KUiTTHO boleh membuka lembaran baru dalam kajian ionosfera di Malaysia pada masa akan datang.

Penggunaan penderum ionosfera atau ionosonde di KUiTTHO merupakan yang ulung dan unggul. Ini kerana sistem ini merupakan sistem satu-satunya di Malaysia. Walaupun terdapat kerja-kerja dalam pemerhatian dilakukan oleh pihak dalam menentukan kesesuaian lapisan ionosfera ini. Tetapi sistem ini mempunyai had penggunaannya dan bukan untuk kerja-kerja penyelidikan yang lebih tinggi. Contohnya, Chirpsounder yang digunakan oleh TLDM (Tentera Laut Diraja Malaysia) di Malaysia. Jika dilihat penggunaan Fungsi penggunaan chirp sonder ini adalah untuk menentukan laluan sebenar antara dua pemancar chirpsounder. Ini digunakan bagi memilih frekuensi yang sesuai untuk laluan tersebut.

Sistem yang baru telah diperkenalkan di Malaysia dimana sistem ini digunakan untuk menjalankan kajian ionosfera. Sistem peralatan ini merupakan yang pertama di Malaysia. Pemasangan peralatan ini diselenggarakan di Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn di bawah Makmal WARAS (*Wireless and Radio Science Center*). Peralatan ini akan menghantar gelombang secara menegak dari antenna pemancar dan akan diterima semula oleh antenna penerima. Data akan diterima oleh sebuah komputer yang disediakan. Sistem ini telah mula berfungsi pada pertengahan bulan Julai 2004 dan masih dalam ujian. Sistem ini juga menentukan nilai frekuensi yang sesuai digunakan pada laluan tertentu. Sistem di pusat WARAS ini berkemampuan menghantar isyarat dari 1 hingga 20 MHz, jika dibandingkan dengan chirp sounder hanya mampu menggunakan frekuensi antara 50 hingga 100 kHz sahaja. Oleh itu, sistem baru ini boleh melakukan banyak fungsi berbanding dengan chirp sounder yang digunakan. Apabila sistem ini berfungsi sepenuhnya, kajian berkaitan dengan ionosphere boleh dilanjutkan. Penggunaan sistem ini telah digunakan oleh beberapa negara. Sistem ini telah digunakan di Kanada dan menempatkan lima buah sistem di negara tersebut.

1.2 Sejarah Penemuan Ionosfera

Perkembangan teknologi perhubungan meningkat dengan perkembangan semasa dan sekarang kita berada dalam dunia maklumat dan perhubungan menyeluruh. Sejarah perhubungan yang pertama bermula pada tahun 1864, oleh ahli matematik Scottish, James Clerk Maxwell. Beliau telah menerbitkan kertas kerja yang menerangkan gelombang mengandungi elektrik dan magnet boleh merambat atau bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain (Maxwell 1865). Pada masa ini, idea yang dikemukakan oleh Maxwell menjadikan pembukaan idea-idea baru dalam perhubungan jarak jauh tanpa wayar dan teori pancaran electromagnet telah dibuktikan benar oleh ahli fizik Jerman Heinrich Hertz pada lewat tahun 1880 dalam ujikaji yang dijalankan. Hertz melakukan ujikaji ini dengan lebih terperinci untuk memastikan keputusan yang diperolehi ada yang betul dan tepat.

Kajian ini tidak berhenti disitu sahaja kerana pada penghujung abad, iaitu abad ke-19, saintis Itali, Guglielmo Marconi telah menukar teori ini dan kajian makmalnya kepada satu sistem telegraf tanpa wayar secara praktikal yang pertama. Marconi telah menjalankan demonstrasi teknik perhubungan tanpa wayar menerusi rangkaian Inggeris (English Channel) pada tahun 1899.

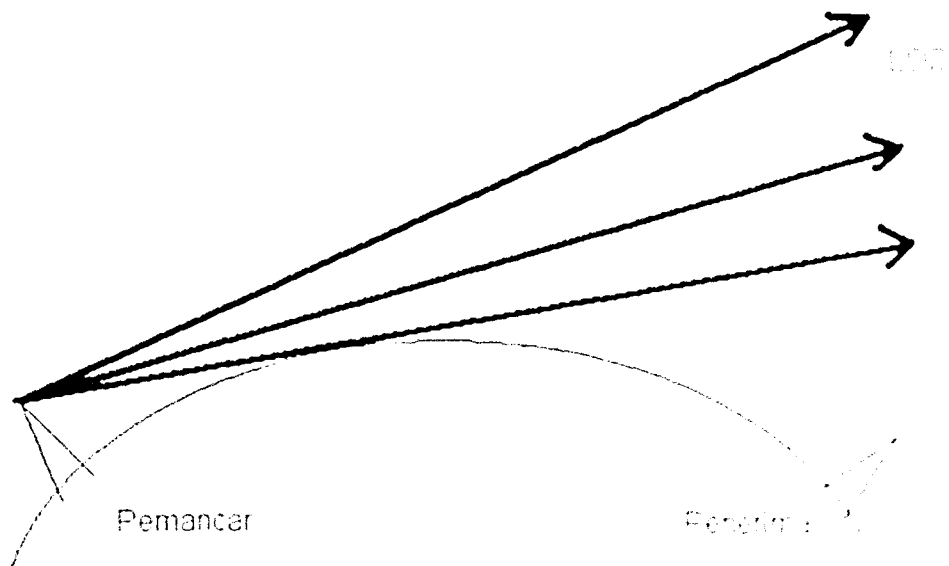
Sejarah ujikaji ini dilakukan pada Disember 12, 1901, oleh Marconi dan juga dikenali sebagai “bapa wayarles” (“father of wireless”) mengadakan demonstrasi perhubungan atlantik dengan menerima isyarat di St. John's Newfoundland yang telah dihantar dari Cornwall, England pada jarak 2100 batu. Oleh kerana kerja pertama beliau menggunakan isyarat gelombang elektromagnet bagi perhubungan radio, Marconi telah dianugerahkan Nobel Prize dalam fizik pada tahun 1909.

Penemuan ini membuka lembaran baru kepada cara perhubungan jarak jauh dengan pembuktian kewujudan lapisan ionosfera.

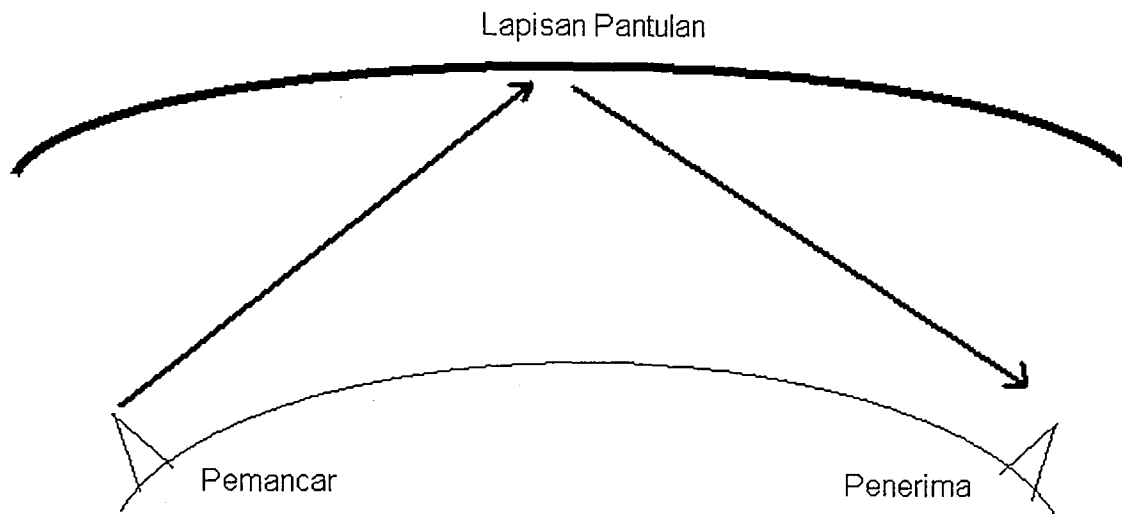
Ujikaji termashur Marconi menunjukkan cara dunia masa akan datang berkomunikasi, juga menimbulkan dilemma dalam sains. Dari sini, ia telah menetapkan pancaran elektromagnet yang bergerak adalah pada garis yang lurus dan

serupa dengan gelombang cahaya. Jika beliau beranggapan demikian, kemungkinan besar jarak perhubungan akan ditentukan oleh geometri laluan tersebut dan ini boleh dilihat melalui Rajah 1.1.

Isyarat radio akan didengar pada arah objek yang menghalang isyarat ini. Jika objek tidak menghalang pada laluan ini, jarak maksimum akan ditentukan oleh ketinggian antena pemancar dan penerima dan juga bentuk muka bumi. Bentuk muka bumi adalah tidak rata dan mempunyai banyak halangan contohnya bukit atau gunung. Melalui rajah yang diberi, isyarat hanya diterima pada garisan lurus pancaran dipancarkan pada rajah tersebut. Oleh itu, selain dari kawasan pancaran, isyarat ini tidak akan diterima. Di dalam demonstrasi Marconi, sesuatu yang berbeza telah berlaku yang mana ini menyebabkan gelombang radio itu membengkok pada bentuk lengkungan bumi untuk memastikan isyarat perhubungan dari England boleh diterima dan didengar dari jarak yang tidak diketahui.



Rajah 1.1 : Arah pancaran isyarat tidak dapat diterima jika pancaran isyarat adalah dalam keadaan lurus. Dan penerima tidak boleh menerima isyarat sepenuhnya jika ketinggian penerima adalah rendah.



Rajah 1.2 : Lapisan konduktif pada altitud tinggi akan menyebabkan pantulan isyarat radio dan kembali dan sampai ke bumi semula.

Pada tahun 1902, Oliver Heaviside (Oliver Heaviside, 1971) dan Arthur Kennelly (Kennelly, 1902) masing-masing telah mencadangkan bahawa terdapatnya lapisan konduktor yang wujud pada lapisan atas atmosfera yang membolehkan pancaran isyarat elektromagnet (EM) dipantulkan balik ke bumi. Melalui saat ini, belum ada bukti yang kukuh bagi menunjukkan lapisan ini wujud dan hanya segelintir sahaja yang tahu tentang keupayaan fizik atau elektrik bumi di atas atmosfera. Jika lapisan konduktif wujud, maka had garisan untuk perhubungan boleh ditingkatkan lagi. Lapisan konduktif ini boleh dilihat melalui Rajah 1.2 berikut. Penemuan ini telah banyak menarik minat dan usaha-usaha untuk mengenalpasti keadaan-keadaan elektrik pada lapisan atas atmosfera. Parameter-parameter mula diperkenalkan bagi menunjukkan sifat dan keadaan lapisan tersebut seperti frekuensi gelombang radio (f), panjang gelombang (λ), tempoh perambatan isyarat radio (t), jarak perambatan (km), indeks biasan (n), ketumpatan electron (N), dan juga ketinggian lapisan atmosfera (h). pelbagai peralatan telah direkapi untuk menentukur dan menganalisa data-data yang diperolehi dan usaha-usaha ini dijalankan secara giat pada hari ini.